昆 蟲 學 報
第4卷第4期 1954年12月

稻田三化螟集團分佈的初步調查及其在實用上的意義

尹汝湛 趙善歡 王鑑明
(華 南 農 學 院)

一. 緒 言

我們從事害蟲的調查和試驗研究時,在許多場合,蟲口集團(population)成為研究的對象。由研究所得出的資料是屬於可數資料或不連續性的資料(discontinuous data)。有時即使不從害蟲本身着眼,而是間接地就其寄主來研究,所得的也往往是相同性質的資料,像受害株(莖)數、有蟲孔莖數、受害果實數等;就三化螟來說,前者是蛾、卵塊和幼蟲的數量;後者是枯心苗和白穗的數量。

要估計蟲口棲息密度,首先要明瞭蟲口集團的性質,主要是其分佈的性質:是隨機均勻的呢?還是核心蔓延的呢?或是濃集稀疏互見的呢?十多年來,從事蟲口集團分佈的研究不少,研究的方法是將多數取樣單位(面積單位或寄主單位)所見蟲數,歸列成次數分配表,進而配合各種特殊的理論分佈,看看是否符合。這樣的工作是饒有興味和意義的,它揭露了昆蟲集團分佈的均勻與否的性質,綜合地表現了昆蟲的生活特性和環境條件對它的影響,從而為害蟲調查、試驗研究,以至防治措施提供了重要的參考。

我們曾就廣州附近稻田三化螟各時期及枯心苗、白穗做過一些初步的集團分佈調查研究,這是結合着我們螟蟲的防治試驗工作(趙善歡 1952)來進行的。茲將結果整理出來,並就此項調查在實用上的意義加以討論。錯誤的地方請讀者批評指正。

二. 常見的三種昆蟲集團分佈型式

要測定一種昆蟲在棲息地分佈的隨機性,通常是依下述方法進行的:

（一）　用隨機取樣方法，獲得多數取樣單位，記載每單位內蟲數，求得實際觀察次數(f)。

（二）　利用上述觀察所得的總單位數(N)，平均每單位蟲數($\overline{X}$)及變量(V)等，依照一定特殊的分佈理論公式，求出理論次數。

（三）　用卡方測驗法 (Chi square test) 決定實際次數與理論次數間的差異顯著性，公式爲：

$$\chi^2=\frac{\Sigma(o-c)^2}{C}$$

式中的 o 爲觀察次數(即 f)，c 爲理論次數。測驗結果，如不顯著，則二者符合，由是可決定該分佈屬隨機或非隨機。至卡方測驗法中的自由度計算，視特殊分佈而有不同。(進行卡方測驗時，凡理論次數小於 5 的組應予歸併)。

常見的昆蟲集團分佈型式有三，現就其公式、性質和例子等分述於下：

1. **潘松分佈** (Poisson distribution)

(1) 公式：

在 N 個取樣單位內發現有 0, 1, 2……X 個蟲體的理論單位數分別爲下一級數的展開各項：

$$Ne^{-\overline{X}}\left(1+\overline{X}+\frac{\overline{X}^2}{2!}+\frac{\overline{X}^3}{3!}+\cdots\cdots+\frac{\overline{X}^X}{X!}+\cdots\cdots\right)$$

這樣求得的理論單位數即爲理論次數，然後進行卡方測驗，自由度爲卡方所自求得的組數減 2，這是因爲由 N 和 $\overline{X}$ 損失了兩個自由度的緣故。

(2) 性質：

i. 是均衡的 (homogeneous) 分佈：即昆蟲在其棲息地上的分佈是隨機的 (at random)，亦即每個體在取樣單位出現的機會相同，與同種別的個體位置無關。

ii. 通常是稀疏的分佈。

iii. 是正二項式分佈(positive binomial distribution)的特例。在正二項式 $(p+q)^n$ 中，一事物發生甲種情形的機率 p 等於或甚至小於 0.01，亦即該事物發生乙種情形的機率 q 等於或甚至大於 0.99，而一次所用的事物數 n 爲極大，將使平均每次有相當大而不致有太

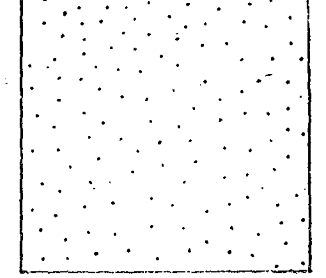


圖 1　潘松分佈示意圖
(每一點示一昆蟲個體)

小的np個事物發生甲種情形，這時正二項式分佈便變爲潘松分佈。在這種情形下，n常假定爲一未知常數。

iv. 變量(V)與均數($\overline{X}$)理論上應相等。在測定時，$\frac{V}{\overline{X}}$通常要不大於1.5才能符合 (Wadley, 1950)。

(3) 例子：

曾經前人測定屬於潘松分佈的昆蟲，據作者所知的有：

i. Park (1933)：擬穀盜 (*Tribolium confusum* Duval) 成蟲在麵粉中的分佈。

ii. Beall (1937)：玉米螟 (*Pyrausta nubilalis* Hübn.) 卵塊在玉米田間的分佈。

iii. Jones (1937)：以1方呎取樣單位(深1—2呎，視季節而異)調查金針蟲，其分佈符合潘松分佈。

iv. Finney (1941)：以4吋直徑的圓筒，在每英畝內取樣20次，調查金針蟲，當每取樣單位內蟲數平均少於0.5條時，則符合潘松分佈。

v. Bowen (1947)：早期甜菜浮塵子 (*Eutettix tenellus* (Baker)) 的田間分佈。

vi. 作者等在1951年5月下旬至6月中旬，先後在廣東番禺東部、番禺北部和增城一區等鐵甲蟲 (*Hispa armigera* Olivier) 災區，進行該蟲成蟲在水稻田間分佈的調查。在所取6個樣本中，有5個屬於潘松分佈。

vii. 王鑑明(1952)：甘蔗條螟 (*Diatraea* sp.) 卵塊的田間分佈。

viii. 附帶在這裏說一下蜘蛛的分佈，Cole (1946)研究森林地面上蜘蛛的分佈型式，證明屬於潘松分佈，氏並謂在所有供檢地區和各季節，蜘蛛的分佈總是隨機的。

2. **核心分佈** (contagious distribution)

(1) 公式：

在未配合理論次數之先，須由$\overline{X}$和V計算二統計常數m_1和m_2

$$\overline{X}=\Sigma fx/N$$

$$V=\frac{\Sigma fx^2-(\Sigma fx)^2/N}{N-1}$$

$$m_1=\overline{X}^2/(V-\overline{X})$$

$$m_2=(V-\overline{X})/\overline{X}$$

N 個取樣單位中發現零的理論次數

$$NP_0=Ne^{-m_1(1-e^{-m_2})}$$

零以外的理論次數一般式爲

$$NP_{x=n+1}=[N(m_1\cdot m_2\cdot e^{-m_2})/n+1]\cdot S^n_{k=0}[m_2^k/K!\cdot P_{(n-k)}](X=1,2,3\cdots\cdots)$$

卡方測驗時自由度等於卡方所自求得的組數減 3，這是因爲由 N、m_1 和 m_2 損失了 3 個自由度的緣故。

(2) 性質：

i. 是不均衡的 (heterogeneous) 分佈，即昆蟲在其棲息地上呈多數小集團；形成核心，並自核心作放射狀蔓延(Neyman, 1939)。換言之，一取樣單位中，一個或多個昆蟲個體的存在影響其他個體出現於同一取樣單位的機率。

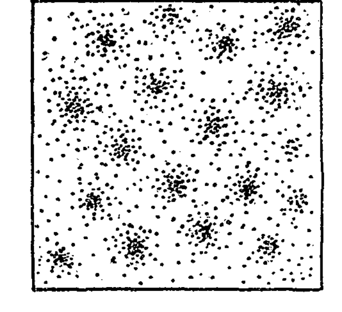


圖 2　核心分佈示意圖
(每一點示一昆蟲個體)

ii. 核心之間是隨機的 (Neyman, 1939)。

iii. 通常是較濃集的分佈。

iv. 零項的次數和高值項的次數較潑松分佈爲大 (Cole, 1946)。

v. 爲潑松分佈的特例，即爲簡單隨機分佈的複合(Wadley, 1950)；詳言之，可以析爲多數的分佈，此等析出的分佈含有呈潑松分佈的羣，羣所含的個體數可爲 1 或 2 或 3……(Cole, 1946)。

vi. 變量(V)通常大於均數($\overline{X}$)，$\frac{V}{\overline{X}}$通常在 1.5—3 間(Wadley, 1950)。

vii. 有時會有雙衆數 (bimodality) 的出現 (Neyman, 1939; Beall, 1940; Bowen 1947)，即次數分佈曲線可能有兩個以上的峯頂。

viii. 每一次數可視爲兩個變動因子的乘積，第一個漸次降低，第二個起初漸增然後漸降 (Wadley, 1950)。

ix. 假定常軌數 $\overline{X}$ 是變動的，乃作不連續的變異 (discontinuous variation) (Wadley, 1950)。

x. m_1 和 m_2 有這樣的關係：當變量大大超過均數時，m_2 大而 m_1 中等；當變量接近均數時，則 m_1 大而 m_2 小，當二者相等時，m_2 爲零 (Wadley, 1950)。

(3) 例子：

曾經前人測定屬於核心分佈的昆蟲，據作者所知的有：

i. Neyman (1939) 和 Beall (1940)：玉米螟幼蟲在玉米田間的分佈。

ii. Beall (1940)：甜菜草地螟幼蟲 (*Loxostege sticticalis* L.) 的田間分佈。

iii. Cole (1946_b)：953 個跳蚤 (*Xenopsylla cheopis* (Rothschild)) 在 209 個活鼠身體間的分佈。

iv. Cole (1946_a)：森林地面小步行蟲的分佈。

v. Bowen (1947)：後期甜菜浮塵子的田間分佈。

vi. 王鑑明、梁慶(1952)：甘蔗條螟初期幼蟲的田間分佈。

3. **負二項式分佈** (negative binomial distribution) 或嵌紋分佈(mosaic distribution)

(1) 公式

N 個取樣單位內發現有 $0, 1, 2, \cdots\cdots \bar{X}$ 個蟲體的理論單位數分別爲下列負二項式的展開各項：

$$N(q-p)^{-n}$$

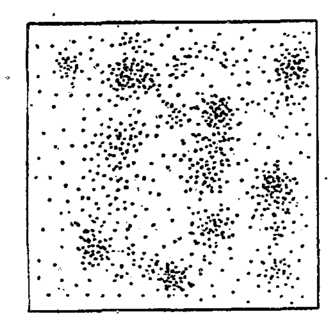
式中 $P=\frac{V}{\bar{X}}-1$(即核心分佈的 m_2)；$q=1+p$；$n=\frac{\bar{X}}{P}$(即核心分佈的 m_1)，亦即 X 個蟲體的理論次數的機率爲：

$$\frac{(n+x-1)!}{x!\,(n-1)!}q^{-n-x}\,p^{x}$$

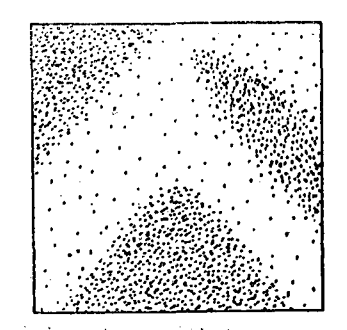
卡方測驗時，自由度等於卡方所自求得的組數減 3，這是因爲由 N, p 和 n 損失了 3 個自由度的緣故。

(2) 性質：

i. 亦是不均衡的分佈，即昆蟲在其棲息地上疏密互見地分佈着，個體於各取



(A) 規則的嵌紋分佈



(B) 不規則的嵌紋分佈

圖 3　負二項式分佈示意圖
(每小點示一昆蟲個體)

樣單位出現的機會不相等。通常有二型，見圖 3。

ii. 通常也是濃集的分佈。

iii. 亦為潘松分佈的特例，乃由多個密度不同(對應着有不同的 $\bar{X}$ 值)而個體間呈潘松分佈的分佈所混合而成的分佈。

iv. 變量與均數的關係與核心分佈同。

v. 絕無雙衆數出現的可能。

vi. 適合核心分佈的分佈，往往同時符合負二項式分佈，但符合負二項式分佈的不一定符合核心分佈，換言之，負二項式分佈較廣泛地符合不均衡的分佈情況。

vii. 對同一觀察資料，負二項式往往較核心分佈符合得更密切，尤其一次數分配為首的幾項，即 0, 1, 2 等。負二項式零的次數很顯明地較核心分佈能表示實際情況。〔比較 $(1+m_2)^{-m_1}$(負二項式分佈) 和 $e^{-m_1(1-e^{-m_2})}$(核心分佈)〕(Wadley, 1950)。

viii. 每一次數可視為三項因子的乘積：第一項為常數，中間項起初漸增然後漸降，第三項漸降，如同一分數冪(Wadley, 1950)。

ix. 亦假定常軌數 $\bar{X}$ 是變動的，但乃作 Eulerian 諸曲線型的連續變異(Wadley, 1950)。

(3) 例子：

i. Bowen (1947)：甜菜浮塵子後期的田間分佈。

ii. Jones (1937)及 Wadley (1950)：Jones 曾就金針蟲在土中分佈研究，取樣單位為$\frac{1}{4}$和$\frac{1}{16}$方呎，變量在多數樣本不大。Wadley 將其所得 12 個樣本資料同時配合潘松分佈、核心分佈和負二項式分佈三者，結果在 12 個樣本中，有 11 個符合負二項式分佈。

三. 三化螟各時期和白穗、枯心苗的田間集團分佈

我們關於三化螟田間分佈型式的研究是在 1949 年早造開始舉行的，地點在廣州東郊華南農學院附近岑村稻田。螟蛾和卵塊的分佈是在該年 3 月下旬秧田上調查的。第一世代幼蟲的分佈乃在 5 月下旬即移植後約 40—50 日的本田上調查的。白穗的分佈調查則在抽穗後舉行，那時造成白穗的幼蟲屬於第二世代。1951年 11 月下旬我們又曾在農學院稻作試驗場作晚造稻遺株內越冬幼蟲田間分佈的調查。1952 年 9 月中旬我們在岑村稻田調查晚造本田的枯心苗分佈，那時水稻約在

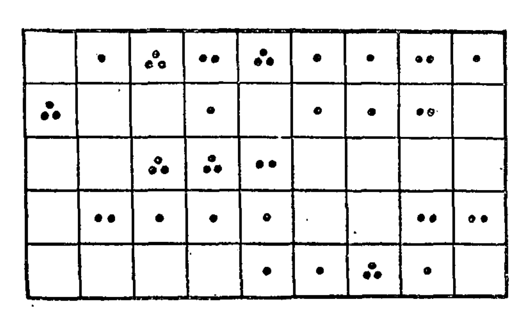


圖 4　秋田三化螟蛾自然分佈圖
（每點代表一螟蛾）

分蘖後期，造成枯心苗的幼蟲屬於第三世代。上述各項調查記錄均做過統計上的分析，配合三種理論分佈，得出結論。茲將記錄和計算結果分述於下：

（一）　螟蛾：在大片秋田上，在當中劃分成 45 個小區，每小區面積爲36平方市尺，調查的秋田面積共爲 1,620 平方市尺。檢查每小區內三化螟蛾數並登記之，圖 4 即示此項螟蛾自然分佈的疏密狀態，次數分配列於表 1：

表 1　45 小區秋田三化螟蛾的次數分配表

三化螟蛾數 X	觀察次數 f	fX
0	19	0
1	13	13
2	7	14
3	6	18
	$N=45$	$\Sigma fX=45$

茲進行配合潘松分佈：

每小區平均三化螟蛾數　　$\bar{X}=\Sigma fX/N=45/45=1$

代入潘松分佈公式，45 小區內發現有 0, 1, 2, 3 及 3 個以上螟蛾的理論小區數，分別爲下一級數：

$$45e^{-1}\left[1+1+\frac{1^2}{2!}+\left(\frac{1^3}{3!}+\cdots\cdots\right)\right]$$

的展開各項，即：16.56, 16.56, 8.28, 2.76 及 0.84。

進行卡方測驗，求得卡方爲 1.250，自由度爲 3 減 2 等於 1，差異不顯著，由是可知水稻三化螟蛾在秋田的自然分佈是隨機的（見表 2，圖 5）。

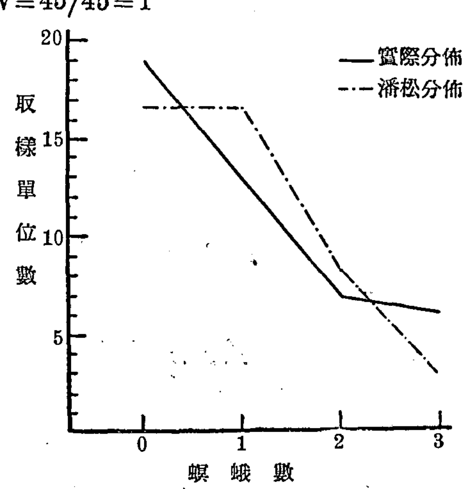


圖 5　秋田三化螟蛾次數分配圖，示與潘松分佈的配合。

表2 三化螟蛾分佈卡方測驗表

x	觀察次數 o	理論次數 c	$(o-c)^2/C$
0	19	16.56	0.360
1	13	16.56	0.765
2	7 } 13	8.28 } 11.88	0.125
3	6	2.76	
>3	0	0.84	
			$\chi^2=1.250$

（二） 卵塊：在調查螟蛾分佈的小區內，同時進行卵塊的調查。自然分佈疏密狀態如圖6所示。次數分配見表3：

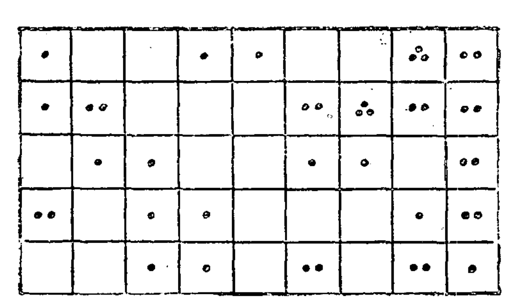


圖6 秋田三化螟卵塊自然分佈圖。
（每點代表一卵塊）

表3 45小區秋田三化螟卵塊的次數分配表

三化螟卵塊數 (X)	觀察次數 (f)	fX
0	19	0
1	14	14
2	10	20
3	2	6
	$N=45$	$\Sigma fX=40$

茲進行配合潑松分佈：

每小區平均三化螟卵塊數 $\bar{X}=\Sigma fX/N=40/45=0.8889$

代入潑松分佈公式，45小區內發現有0, 1, 2, 3及3個以上卵塊的理論小區數，分別爲下一級數：

$$45e^{-0.8889}\left[1+\frac{0.8889}{1}+\frac{0.8889^2}{2!}+\left(\frac{0.8889^3}{3!}+\cdots\cdots\right)\right]$$

的展開各項，即：18.50, 16.44, 7.31, 2.17 及 0.58。

次進行卡方測驗，求得卡方爲 0.750，自由度爲 3 減 2 等於 1，差異不顯著，由是可知三化螟卵塊在秋田的自然分佈是隨機的（見表 4，圖 7）。

表 4　三化螟卵塊分佈卡方測驗表

X	觀察次數 O	理論次數 C	$(O-C)^2/C$
0	19	18.50	0.014
1	14	16.44	0.362
2	10 } 12	7.31 } 10.06	0.374
3	2	2.17	
>3	0	0.58	
			$\chi^2=0.750$

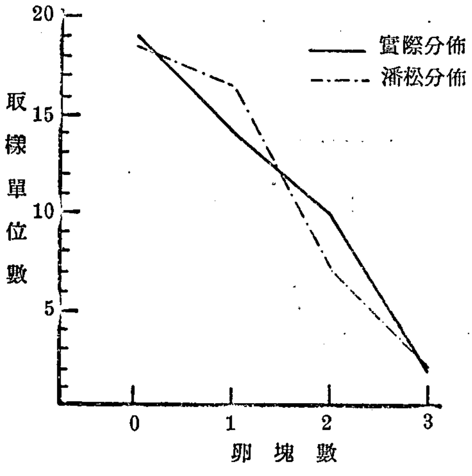


圖 7　秋田三化螟卵塊次數分配圖，示與潘松分佈的配合。

圖 8　水稻本田三化螟幼蟲自然分佈圖。（每方格代表 4×4 科水稻，每方格內點數代表隨機抽取一科中之幼蟲數）

表 5　273 科三化螟幼蟲的次數分配表

三化螟幼蟲數 X	觀察次數 f	fX
0	191	0
1	51	51
2	20	40
3	5	15
4	5	20
5	1	5
	$N=273$	$\Sigma fX=131$

（三） 幼蟲：調查稻田科行距爲0.8×1市尺。幼蟲分佈的調查是以每16[4×4]叢爲一羣，從中隨機抽取一叢爲取樣單位，這叢中的每一稻株都詳細檢查，登記所發現的三化螟幼蟲數，共檢查273稻叢。自然疏密分佈狀況如圖8所示，次數分配見表5。

茲進行配合潘松分佈：

每取樣單位平均有三化螟幼蟲數 $\overline{X}=\Sigma fX/N=131/273=0.48$

代入潘松分佈公式，273取樣單位中發現有0, 1, 2, 3, 4, 5及5個以上幼蟲的理論單位數，分別爲下一級數：

$$273e^{-0.48}\left[1+\frac{0.48}{1}+\frac{0.48^2}{2!}+\frac{0.48^3}{3!}+\frac{0.48^4}{4!}+\left(\frac{0.48^5}{5!}+\cdots\cdots\right)\right]$$

的展開各項，即：168.92, 81.08, 19.46, 2.78, 0.33, 0.03及0.40。

其次進行卡方測驗，求得卡方爲16.83，自由度爲3減2等於1，差異非常顯著，即三化螟幼蟲在本田分佈不是隨機的（見表6）。

表6 三化螟幼蟲分佈卡方測驗表（潘松分佈）

X	觀察次數 O		理論次數 C		$(O-C)^2/C$
0	191		168.92		2.89
1	51		81.08		11.16
2	20		19.46	23.00	
3	5	31	2.78		
4	5		0.33		2.78
5	1		0.03		
>5	0		0.40		
					$\chi^2=16.83$

既不符合潘松分佈，我們現在試行配合核心分佈，先求取下列各值：

$$\overline{X}(\text{均數})=\Sigma fX/N=0.48$$

$$V(\text{變量})=\Sigma fX^2-\frac{(\Sigma fX)^2}{N}/N-1=0.802$$

$$m_1=(\overline{X})^2/V-\overline{X}=0.72$$

$$m_2=V/\overline{X}-1=0.67$$

代入核心分佈公式，求得發現0, 1, 2, 3, 4, 5及5個以上幼蟲的理論單位數對應列成另一卡方測驗表（表7）。

表 7　三化螟幼蟲分佈卡方測驗表(核心分佈)

X	O	C	$(O-C)^2/C$
0	191	192.06	0.0059
1	51	47.40	0.2734
2	20	21.75	0.1408
3	5 } 11	7.94 } 11.79	0.0529
4	5	2.64	
5	1	0.83	
>5	0	0.38	
			$\chi^2=0.4730$

自由度爲 4 減 3 等於 1，差異不顯著。即三化螟幼蟲在本田的分佈不隨機而符合於核心分佈的型式。

現更進行配合負二項式分佈，按公式先求得下列各值：

$$P=\frac{V}{\overline{X}}-1=0.67;\qquad q=1+p=1.67$$

$$n=\frac{\overline{X}}{P}=0.72$$

次求取下式的展開各項，即得理論次數

$$273(1.67-0.67)^{-0.72}$$

即發現 0, 1, 2, 3, 4, 5 及 5 個以上幼蟲的理論單位數爲 188.72, 54.49, 18.79, 6.83, 2.55, 0.97 及 0.65，卡方測驗見下表：

表 8　三化螟幼蟲分配卡方測驗表(負二項式分佈)

X	O	C	$(O-C)^2/C$
0	191	188.72	0.028
1	51	54.49	0.224
2	20	18.79	0.078
3	5 } 11	6.83 } 11	0.000
4	5	2.55	
5	1	0.97	
>5	0	0.65	
			$\chi^2=0.330$

卡方測驗結果：自由度爲 4 減 3 等於 1，差異不顯著，即三化螟幼蟲在水稻本田中分佈符合負二項式分佈。

(四) 白穗：白穗通常由螟害所致，與螟蟲幼蟲有密切關係，往往可以拿它來作螟害程度的表示。我們從事白穗田間分佈的研究着重於一點，即就取樣單位的大小能否改變分佈型式的問題，提供決定取樣技術的參考。供檢驗的稻田包括30×50叢，先將每叢的白穗數依其原有位置在紙上記載，然後就相鄰的稻叢結合成不同大小的方形的取樣單位，便得1×1，2×2，3×3，4×4，5×5和6×6叢不同大小的取樣單位型的6種樣本，每種樣本中的取樣單位數依次爲1500，375，160，84，60和40。每一取樣單位的白穗數即爲該單位所有各叢白穗數的總和。每種樣本均經配合潘松分佈、核心分佈和負二項式分佈，以測定其隨機性，綜括計算的結果分列於表9：

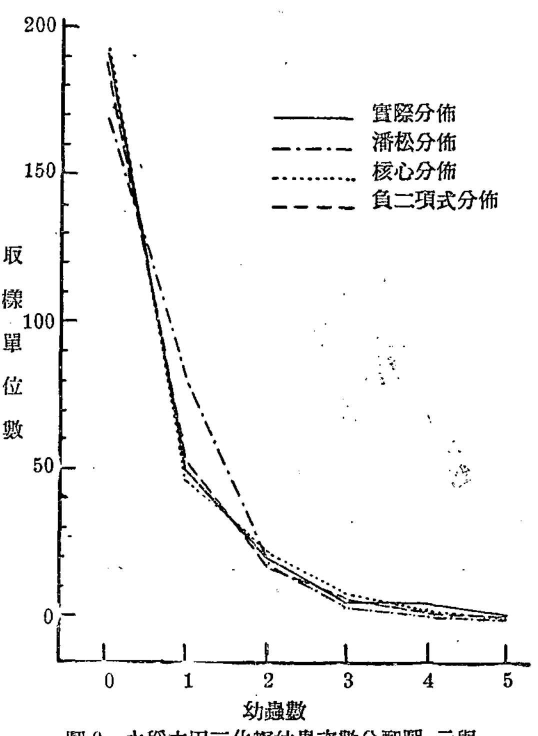


圖9　水稻本田三化螟幼蟲次數分配圖，示與三種理論分佈的配合。

表9　白穗田間分佈卡方測驗綜合表

不同取樣單位型樣本	取樣單位總數 (N)	每一取樣單位平均白穗數 $(\bar{X})$	變量 (V)	卡方測驗結果		
				潘松分佈	核心分佈	負二項式分佈
1×1(叢)	1500	0.40	0.65	106.64**(2)	13.06**(2)	3.51(3)
2×2	375	1.59	4.10	170.71**(4)	31.81**(5)	2.48(5)
3×3	160	3.625	12.68	216.41**(6)	31.68**(6)	3.67(5)
4×4	84	6.68	30.34	70.11**(6)	3.40 (5)	3.55(5)
5×5	60	9.93	56.26	36.53**(5)	3.21 (5)	1.35(5)
6×6	40	14.50	98.51	49.2 **(4)	3.32 (1)	2.43(2)

** 表示差異極顯著，括號內數字示自由度。

由上表我們可作出如下的初步結論：

1. 各大小不同取樣單位型的樣本中白穗分佈均不符合潘松分佈；即白穗在田間的分佈是不隨機的。

2. 小於4×4叢的各取樣單位型樣本中，白穗的分佈既不合潘松分佈也不合

核心分佈；但 4×4, 5×5 和 6×6 叢三個取樣單位型的樣本，其白穗分佈則符合核心分佈。取樣單位大小影響產生不同白穗分佈型的原因可能是由於白穗羣有一定的大小(即核心有一定的大小)，當取樣單位符合白穗羣的大小時，則呈核心分佈。4×4 叢以下各型樣本中可能包含不完整的核心，由是核心之間的隨機性也不能表現出來。

3. 各型樣本的白穗分佈均符合負二項式分佈。由這裏又可以看出負二項式分佈和核心分佈性質上的差異。負二項式分佈最便於描述一般不均衡 (heterogeneous)樣本，它不論所包括的核心的完整與否，和核心之間的分佈隨機與否，同樣可以符合的。

(五)稻遺株內三化螟越冬幼蟲：自田間隨機取得 240 個稻遺株叢，每叢內越冬三化螟幼蟲數經檢查記載，得次數分配表如下：

表 10　240 稻叢三化螟越冬幼蟲的次數分配表

越冬幼蟲數 X	觀察次數 f	fX
0	114	0
1	59	59
2	31	62
3	15	45
4	11	44
5	2	10
6	3	18
7	1	7
8	0	0
9	3	27
10	1	10
	$N=240$	$\Sigma fX=282$

茲進行配合潘松分佈：

每稻叢平均有三化螟越冬幼蟲數 $\overline{X}=\Sigma fX/N=282/240=1.175$

代入潘松分佈公式，240 稻叢中發現有 0, 1, 2, 3, 4, ……10 個以上幼蟲的理論次數分別爲下一級數

$$240e^{-1.175}\left[1+1.175+\frac{1.175^2}{2!}+\frac{1.175^3}{3!}+\cdots\cdots\right]$$

的展開各項。卡方測驗列表如下：

表 11　三化螟越冬幼蟲田間分佈卡方測驗表(配合潘松分佈)

越多幼蟲數 X	觀察次數 O	理論次數 C	$(O-C)^2/C$
0	114	74.11	21.47
1	59	87.08	9.05
2	31	51.16	7.94
3	15	20.04	1.27
4	11	5.89	
5	2	1.38	
6	3	0.27	
7	1 } 21	0.04 } 7.61	23.56
8	0	0.006	
9	3	0.0008	
10	1	0.00009	
>10	0	0.02311	
			$\chi^2=63.29$

自由度爲 5 減 2 等於 3, 差異非常顯著, 三化螟越冬幼蟲在田間分佈不是隨機的。次進行核心分佈的配合, 先求取:

$$\bar{X}=\Sigma fX/N=1.175 \qquad V=\Sigma fX^2-\frac{(\Sigma fX)^2}{N}/N-1=2.98$$

$$m_1=\bar{X}^2/(V-\bar{X})=0.765 \qquad m_2=(V-\bar{X})/\bar{X}=1.536$$

代入核心分佈公式求得理論次數, 卡方測驗列表如下:

表 12　三化螟越冬幼蟲分配卡方測驗表(核心分佈)

越多幼蟲數 X	觀察次數 O	理論次數 C	$(O-C)^2/C$
0	114	131.72	2.38
1	59	33.31	19.81
2	31	29.81	0.05
3	15	19.92	1.22
4	11	11.67	0.04
5	2	6.46	
6	3	3.49	
7	1	1.84	
8	0 } 10	0.94 } 13.57	0.94
9	3	0.46	
10	1	0.23	
>10	0	0.15	
			$\chi^2=24.44$

自由度爲 6 減 3 等於 3，差異非常顯著，三化螟越冬幼蟲田間分佈亦不符合核心分佈。

最後進行配合負二項式分佈：

$$P=\frac{V}{\overline{X}}-1=1.536; \qquad q=1+p=2.536$$

$$n=\frac{\overline{X}}{P}=0.765$$

求取下式展開各項，即得理論次數：

$$240(2.536-1.536)^{-0.765}$$

卡方測驗見下表：

表 13　三化螟越冬幼蟲分配卡方測驗表(負二項式分佈)

越冬幼蟲數 X	觀察次數 O	理論次數 C	$(O-C)^2/C$
0	114	117.84	0.126
1	59	54.60	0.354
2	31	29.14	0.119
3	15	16.29	0.102
4	11	9.28	0.319
5	2	5.38	
6	3	3.12	
7	1	1.34	
8	0 }10	1.08 }12.85	0.632
9	3	0.63	
10	1	0.38	
>10	0	0.92	
			$\chi^2=1.652$

自由度爲 6 減 3 等於 3，差異不顯著，三化螟越冬幼蟲田間分佈是符合負二項式分佈的。

（六）晚造本田枯心苗：自田間隨機取得 250 個稻叢，每叢內枯心苗數均經檢查記載，得次數分配表如下（表 14）：

茲進行配合潘松分佈：

每稻叢平均枯心苗數 $\overline{X}=\Sigma fX/N=86/250=0.344$

代入潘松分佈公式，250 稻叢中發現有 0，1，2，3，4 及 4 條以上枯心苗的理論次數分別爲下一級數的展開各項：

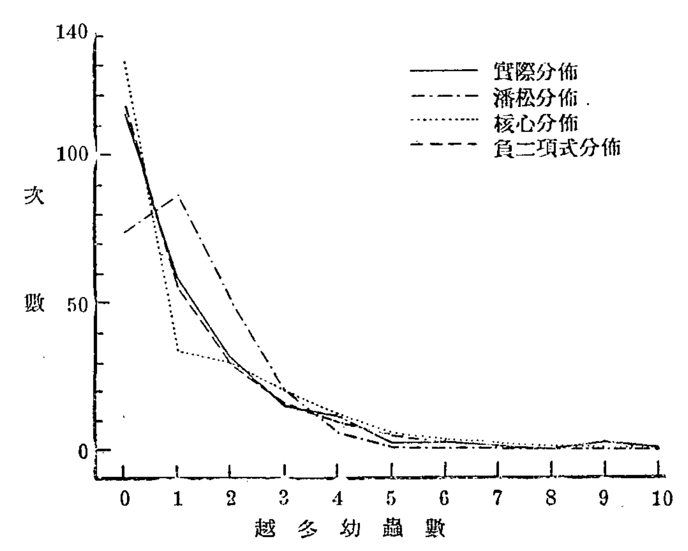


圖 10 稻遺株內三化螟越多幼蟲次數分配圖，示與三種理論分佈的配合。

表 14 250 稻叢枯心苗的次數分配表

枯心苗數 X	觀察次數	fX
0	193	0
1	35	35
2	16	32
3	5	15
4	1	4
	N=250	ΣfX=86

$$250\,e^{-0.344}\left[1+0.344+\frac{(0.344)^2}{2!}+\frac{(0.344)^3}{3!}+\left(\frac{(0.344)^4}{4!}+\cdots\cdots\right)\right]$$

卡方測驗列如表 15：

表 15 枯心苗田間分佈卡方測驗表(配合潘松分佈)

枯心苗數 X	觀察次數 O		理論次數 C		$(O-C)^2/C$
0	193		177.22		1.41
1	35		60.96		11.06
2	16	22	10.48	11.82	9.90
3	5		1.20		
4	1		0.1032		
>4	0		0.0368		
					$\chi^2=22.37$

自由度爲 3 減 2 等於 1，差異非常顯著，故晚造本田枯心苗的分佈不是隨機的。

次進行核心分佈的配合，先求取：

$\overline{X}=0.344$;　　$V=\dfrac{\Sigma fX^2-(\Sigma fX)^2/N}{N-1}=0.524$

$m_1=\overline{X}^2/(V-\overline{X})=0.657$

$m_2=(V-\overline{X})/\overline{X}=0.523$

代入核心分佈公式，求得理論次數，卡方測驗表如下：

表 16　晚造枯心苗田間分佈卡方測驗表（配合核心分佈）

枯心苗數 X	觀察次數 O	理論次數 C	$(O-C)^2/C$
0	193	191.50	0.012
1	35	39.06	0.422
2	16	14.20	0.228
3	5 } 6	4.14 } 5.24	0.110
4	1	1.098	
>4	0	0.002	
			$\chi^2=0.772$

自由度爲 4 減 3 等於 1，差異不顯著，晚造本田枯心苗的分佈符合核心分佈。

最後進行配合負二項式分佈：

$P=\dfrac{V}{\overline{X}}-1=0.523$;　　$q=1+p=1.523$

$n=\dfrac{\overline{X}}{P}=0.657$

求取下式展開各項，即得理論次數：

$$250(1.523-0.523)^{-0.657}$$

卡方測驗見表 17：

表 17　枯心苗田間分佈卡方測驗表（配合負二項式分佈）

枯心苗數 X	觀察次數 O	理論次數 C	$(O-C)^2/C$
0	193	189.38	0.069
1	35	42.80	1.422
2	16	12.11	1.249
3	5 } 6	3.69 } 5.71	0.015
4	1	1.15	
>4	0	0.87	
			$\chi^2=2.755$

自由度爲 4 減 3 等於 1，差異不顯著。晚造本田枯心苗的分佈符合負二項式分佈。

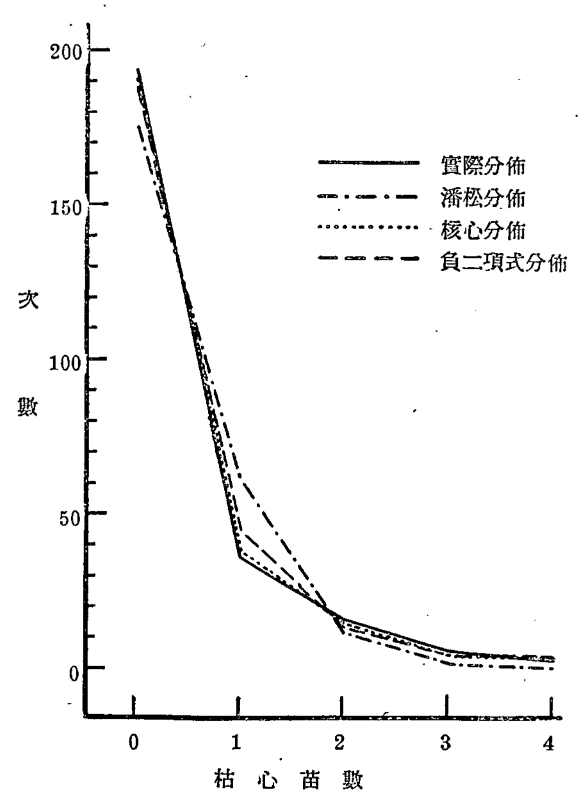


圖 11 晚造本田枯心苗次數分配圖，示與三種理論分佈的配合。

四. 昆蟲集團分佈調查在實用上的意義

(一) 與蟲害調查取樣技術的關係

無論是蟲害程度的調查或防治試驗效果的檢查，都需要精密的取樣技術以估計全部蟲口實況，所以樣本的代表性强弱，關係至大，而取樣技術的設計必須根據昆蟲集團實際分佈情況的了解。就三化螟來說，就是各期蟲口和枯心苗、白穗等的分佈情形。根據我們的調查，三化螟幼蟲在自然狀態下的分佈既然是核心型的；那麼，普通應用於隨機分佈的取樣方法必須加以修正，否則將招致很大的誤差。我們曾根據這個事實，加上對白穗分佈的知識，在 1950 年早造，定出一個測定幼蟲蟲口取樣的新方法，就是取樣單位包括 12×12 稻叢，在每一取樣單位內記錄白穗總數和白穗羣數（凡 4×4 稻叢內發現 5 株或 5 株以上白穗的暫定爲一白穗羣）。於每

一白穗羣的 16 稻叢中各叢分別隨機抽取兩條穗莖，即每羣共抽取 32 條莖(如有白穗，先抽取白穗，沒有則隨機抽取非白穗株)。然後把這 32 條莖(白穗羣代表)帶回室內檢查其幼蟲頭數。這樣，樣本的螟害代表性便大大增强，誤差減小。我們用上述的取樣方法，在藥劑及人工防治試驗的每試區(面積 0.62—0.73 市畝)隨機或就田的二對角線抽取10個取樣單位，以每取樣單位中的白穗總數和每取樣單位內各白穗羣代表莖中的幼蟲總數兩項供作變量分析的資料。

在處理秧田上螟蛾和卵塊的時候，我們可以安全地應用隨機取樣的辦法，因爲我們已經證明了它們在秧田的分佈是符合潘松分佈的。

對付不隨機的特殊分佈，要考慮取樣單位應有的性質、形狀、大小、個數和位置，主要之點爲疏密兼顧，務求獲得最大的估計準確性。

(二)　與田間試驗設計的關係

在未舉行昆蟲田間試驗前，如能了解昆蟲在田間分佈的隨機性，便可知試驗誤差的大小，我們可利用設計的方法，以控制此項誤差。Bowen 氏 (1947) 曾就甜菜浮塵子集團分佈與試驗設計的關係研究，據謂在昆蟲分佈均衡的田間(即屬潘松分佈的)，運用局部控制以降低試驗誤差的效果很少，或竟沒有價值；反之，在昆蟲集團分佈很不均衡的田間，利用局部控制以增加試驗結果的精確度是有其價值的，其利益將依所研究的昆蟲集團分佈的不均衡程度而成正比。同時，如果試驗田中昆蟲集團分佈的不均衡顯著見於某一二個方向或存在於一定的區域，則將試區的排列適宜地配合它，所得的結果將更好。因此，舉行昆蟲田間試驗，應採初步樣本，加以分析，以便由此指出最有效地提高試驗精確度的試區排列方法。

上述各點如果結合到三化螟各時期的田間試驗，則以本田幼蟲(枯心苗、白穗同)和越冬幼蟲爲研究對象的試驗，通常運用局部控制的設計，對它大致是適宜的。但如果是以秧田螟蛾和卵塊做研究對象的，其設計就不同了。

然而，田間試驗設計單純從昆蟲集團分佈的立場來考慮是很不够的，其他條件的考慮也是重要的。例如：試驗不同的藥劑的效力，不應單從藥劑對昆蟲的直接效果着想，同時亦宜按作物產量減少的程度來研究。這樣一來，土壤的不均衡必須在試驗設計上加入考慮，因而有時雖然昆蟲集團分佈是均衡的，但通常應用的田間試驗設計方式，還是要採用的。

(三)　與統計代換方法的關係

理論上，變量分析 (analysis of variance)、t 測驗及某種相關分析均是以常態

分佈的假設爲基礎的，並假定變量爲一常數且與均數無關。這在可數資料是不能符合的。可數資料的變量常與其均數有着函數的關係：

$$V=f(\overline{X}) \cdots\cdots (1)$$

像潘松分佈則 $f(\overline{X})$ 即等於 $\overline{X}$，核心分佈及其他不隨機的可數資料的分佈其變員數變異較大的，$(f\overline{X})$ 常大於 $\overline{X}$，這在前面已經說過了。

V 既然與 $\overline{X}$ 有關，換言之，即 V 因 $\overline{X}$ 而變，每個變員數的變量並不相等。爲了要合理地應用變量分析等，可數資料便常需進行統計代換，使原資料 X 改成新資料 X'，才進行統計分析，新舊資料的關係爲：

$$X'=g(X) \cdots\cdots (2)$$

或 $$X=h(X') \cdots\cdots (3)$$

代換的結果，所產生新的變量如爲一常數，則這代換便認爲合適，但同時還要符合下述一些要求：

1. 新資料的誤差變量與均數無關。
2. 新資料的變員數爲常態分佈。
3. 在新資料，算術均數爲一有效的平均數。
4. 在新資料的情況下，一切效應爲直線的而又是可加的。

統計代換方法的選擇與資料的分佈性質有關，換言之，分析昆蟲集團值的適當代換方法可由集團分佈本身提供出來 (Cochran 1938; Beall 1942)。茲分別就各種分佈論述：

(1) 潘松分佈資料：Bartlett (1936)，Cochran (1938) 和 Upholt (1944) 會就此類型資料提供一適當代換方法，即平方根代換：

$$X'=\sqrt{X} \cdots\cdots (4)$$

可以使諸變量相等。小區觀察資料在 10—100 的可用上式，但原資料如多數在 10 以下，尤其有零發現時，則以下式更爲合適：

$$X'=\sqrt{X+\frac{1}{2}} \cdots\cdots (5)$$

在我們兩年多的三化螟防治試驗的統計分析中，以 (5) 式用得較多(趙善歡 1952)，因爲那時螟害很低，X 值絕大多數情形在 10 以下，零的出現也多的緣故。

(2) 核心分佈及一切非潘松分佈資料：當資料與潘松分佈不符，而爲不均衡

時，(4)，(5)式有時不能認爲妥善的統計代換。此等資料各變員數值間變異性很大，極大數與極小數的全距很大，變量通常大於均數，可以下式表示其關係：

$$V=\overline{X}+k\overline{X}^2 \cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

上式在 $k=0$ 時，分佈爲潘松式，但當 $k\neq 0$ 而又相當大時，則爲不均衡的非常態分佈，故 k 稱爲違異潘松分佈係數，欲估計 k 值，試驗設計上需一區組內處理有二重複區，Beall (1940) 曾就本類型資料提供一適當代換：

$$X'=k^{-1/2}\sin h^{-1}(kX)^{1/2} \cdots\cdots\cdots\cdots (7)$$

上式 k 爲常數，k 值可由區組內各小區間 $\overline{X}$ 和 V 的關係估得，氏 (1942) 特製一表由 k 及 X 值即可查得 X' 值。

當 kX 值大時，按反雙曲綫函數公式，(7)式化爲：

$$X'=k^{-1/2}\log e\left(\sqrt{kX}+\sqrt{1+kX}\right) \cdots\cdots\cdots\cdots (8)$$

簡化可得：

$$X'=\log X \cdots\cdots\cdots\cdots (9)$$

或

$$X'=\log(1+X) \cdots\cdots\cdots\cdots (10)$$

在 X 值中有零發現的時候，(10)式更爲妥善，因爲零的對數是無窮。(9)或(10)式一般稱爲"對數代換"。

由上述，我們可見 Beall 氏的(7)式是一個可數資料的代換通式，因爲當 $k=0$ 時，(7)式便與(4)式相同。至(9)，(10)式則特別適用於非潘松分佈資料，即 kX 值相當大，極大極小數相差很遠而每個數目也不太小的資料。

(四)　與昆蟲生活習性的關係

當我們測出一種昆蟲的某一階段屬於何種統計分佈時，引起我們聯系到它的生活習性，研究其發生原因，作出解釋。如本文討論的三化螟蛾，屬於潘松分佈是因爲它在秧田上飛翔力頗强，而其飛翔的方向和距離受外界因子影響不大(無月晚間點燈的强光例外)，螟蛾個體間似亦屬獨立(旁晚雌雄蛾之間可能互相吸引，則當別論)。卵塊的隨機分佈則由於雌蛾在產卵時的均勻分佈。幼蟲本田的分佈屬核心蔓延則顯然由於幼蟲自極集中的卵塊孵出，作放射狀分散，而初期活動力不大所致。枯心苗和白穗大部是由螟害所成，其分佈型式與幼蟲的分佈及幼蟲的食性(爲害苗數)活動能力等最有關係，此外仍應由多數環境因子和稻品種本身的性質去考慮。

反過來說，一種昆蟲各時期的習性，我們尚未深切了解時，可以由其分佈的知識，獲得不少的啓示。

其次，當我們發現一種昆蟲的分佈與上述各種理論分佈都有違異的時候，便更促使我們追求其所以然的生物學的事實。Upholt (1940) 研究柑橘上黑點介殼蟲的分佈，發現它既不隨機亦不符合核心分佈。據解釋稱：該蟲雖以雌體形成多數的中心，但這些中心之間並不隨機，與核心分佈的假設不合，因而不能與 Beall (1940) 的玉米螟幼蟲分佈以卵塊為中心的事實相提並論了。

（五） 與害蟲防治的關係

首先，在防治前後，害蟲集團的分佈情形有無改變，及由何者改為何者，都和防治效能的解釋有關。

其次，就人工和藥劑防治來說，一種害蟲在田間的分佈如果證實是負二項式或核心型的，可以考慮集中力量來撲除害蟲羣集之處或核心所在，以節省人力物力。我們倘若能充分掌握稻田白穗羣的性質，在適當的時機撲滅白穗羣中三化螟幼蟲，可以達到很高的防治效果。

就生物防治來說，害蟲集團和害蟲天敵集團的發展和擴展的規律之間的關係是異常複雜的，對於這種關係的明確瞭解決定了天敵利用的效果。前人多就兩者集團的大小在生長過程中消長變化的關係來研究，總結成了一些理論，我們認為這些理論是重要的，但同樣重要的是我們應該瞭解害蟲及其天敵二者在田間的集團分佈及其相互關係，而尤其是害蟲分佈對於天敵利用的影響。Smith 氏 (1939) 以為：食蟲昆蟲之作為一個防治因子的成功，不是單獨地由其自身的性質來決定的，一個極其重要的影響為寄主昆蟲的分佈的性質。寄主的分佈或擴展越趨於羣集型，則具一定的發現寄主能力的天敵越能有效地保持寄主平均密度於一個低的值。所以食蟲昆蟲的效能依賴於兩種性質的聯合，即寄主的擴展性質及其自身發現寄主的能力。在其他條件相等的情況下，具羣集分佈型的寄主昆蟲可用具有較低的發現寄主能力的食蟲昆蟲來防治，但如果寄主集團是趨於均衡分佈的，那就只能用具有高度發現寄主能力的食蟲昆蟲來防治了。

我們既然知道三化螟卵塊是隨機分佈的，這一項性質對於卵寄生蜂的利用效果有很大的影響。有些學者以為赤眼卵蜂 (*Trichogramma japonicum* Ashm.) 的特性是：食性不專，而飛翔盲目；但黑卵蜂 (*Phanurus* spp.) 則恰好相反，是食性專一而飛翔並不是盲目的。倘若這類說法是真確的話，那就可以想像後者發現三化螟卵的能力遠高於前者。根據 Smith 的結論，後者利用於防治三化螟卵是比較有利而合理的。(至於培養材料和培養技術上發生的困難，是問題的另一面，是需要特

殊努力去克服的)。

我們在華南準備有步驟地繼續開展蔗螟、稻螟等的生物防治工作，對於寄主和各種寄生蜂的習性、集團發展和集團分佈型式等規律的研討，將加以應有的重視。

五．一些特殊問題的討論

在我們工作過程中和參閱文獻的結果，我們覺得有幾個關於昆蟲集團分佈的特殊問題，應提出討論：

(一)集團密度對分佈類型的影響

據前人的研究(Cole, 1946; Dice 1948 等)，有機體除了在較狹小而各方面條件極為均勻的棲地上外，極罕為隨機分佈，換言之，不均衡的分佈為動植物集團在自然界中的通常狀態。就昆蟲來說，其集團分佈亦以不隨機的居多。可是昆蟲集團密度的大小有時會影響到集團分佈類型發生變化。雖然從密度數字的表面，我們不可能探察出昆蟲集團分佈究屬何種類型(Smith, 1939)，但當密度趨於過小或過大時則會令本來是非隨機的分佈轉而屬於隨機分佈。如前所述及的 Finney (1941) 的金針蟲的調查，在每取樣單位蟲數平均少於0.5條時，符合潘松分佈，若密度較大時，則分佈為不隨機。又如當三化螟猖獗的時候，一株稻上卵塊數太多 (1952 年廣東惠陽縣有一稻葉上有卵塊 13 個的)，結果在幼蟲孵化後，全田稻莖殆均難倖免鑽食，因而幼蟲在全田各處密度無甚差異，於是過度的不均衡由於擁擠及重叠而回復為均衡狀態 (Bowen, 1947)。同樣，在螟災嚴重年份，白穗率每達 70% 以上，不可能分別出單生白穗與白穗羣，更無所謂核心。因此，在蟲害極端嚴重的區域，可以不用亦不可能研究昆蟲集團分佈，也不需要研究特殊的取樣技術，直接地應用隨機或機械取樣的方法便可以了。

(二)混合集團問題

一種昆蟲前後二世代的集團在交接時期的重叠現象，形成了所謂混合集團，這將會改變原來二個世代集團分佈的本質，而成一複雜難以認識的分佈。研究集團分佈時所遇到的既不符合潘松分佈，又不符合核心分佈或負二項式分佈的情形，屬於此種混合集團的可能性甚大。為了要探明一種昆蟲各發育階段集團分佈的真實情況，一般來說，宜儘量避免在世代叠置的那一段期間着手研究，最好是就一年中最初發現的第一世代來進行。但另一方面，就一定條件下所形成的混合集團本身作分佈性質的探討，我們認為也是必要的，在許多方面都有其實用的意義，至關於

混合集團的研究,宜從理論與實踐兩方面着手,我們目前還未有成熟的具體的測定與分析方法可以提供出來,而有待今後的努力。

與上述叠置世代混合集團相類似的另一混合集團問題爲幼蟲齡期不一致,大小個體同時存在的情況。Beall (1940)曾就馬鈴薯岬蟲(*Leptinotarsa decemlineata* Say)的幼蟲集團分佈研究。這種岬蟲產20或30個卵的卵塊,照推想,孵化出來的幼蟲似應屬核心分佈,但測定的結果,却不符合,原因是同田內所檢査的幼蟲由剛孵化的以至成熟的都有,混在一起,由是所得資料用來測定分佈類型,便不能獲得預期結果。在這情况下,宜分別幼蟲齡期或大小作不同樣本處理,析出各齡分佈實況,然後加以綜合,才能比較容易理解混合集團的性質。在研究三化螟幼蟲的集團分佈時,這點應該特別注意,因爲不同大小的幼蟲,活動能力大相懸殊的緣故。

(三)外界因子對昆蟲集團分佈類型的影響

昆蟲集團分佈可視爲昆蟲生活習性與環境因子的影響的綜合表現,除前者已見上節外,環境因子的影響亟宜加以分析研究,才能對分佈的形成較有完整的理解。例如作物由於土壤差異或其他原因而在田間生長良窳不齊,大株與小株間和葉色深淺間會形成對昆蟲吸引力的不同,因而影響原來的昆蟲集團分佈發生改變,Bowen 氏 (1947) 所研究的甜菜浮塵子早期屬隨機分佈,則因早期甜菜生長受土壤差異的影響而發生的差異不大,及至後期屬核心分佈和負二項式分佈,則因田間土壤差異影響甜菜植株的生長甚大,小植株多接受陽光,溫度較高,吸引浮塵子的力量也大。又如有些學者以爲綠色較濃的稻葉會吸引三化螟雌蛾前往產卵,如屬事實,則在一田中稻葉綠色深淺不一的情况下,將會影響螟蛾及卵塊分佈的隨機性。這樣看來,昆蟲集團分佈的調査,宜選擇田間作物生長比較齊一的來進行。

由上所述,可知昆蟲的分佈顯然受氣候、土壤、作物種類、作物發育階段和栽培方法等環境條件所影響。我們不能孤立地說,某種昆蟲某一時期永遠屬於某一種分佈類型,必須將環境因子及昆蟲本身的特性結合起來分析研究。所以Upholt (1940)以爲:進行昆蟲調査時,對於昆蟲集團眞實分佈情形和影響於昆蟲分佈的環境因子,須事前熟悉,否則錯誤頗多。

本文所述三化螟的集團分佈僅爲一般稻田的情况,至於與普通稻田生態條件相去頗遠的沿海沙田和山區的冷水山坑田等其三化螟蟲的分佈類型可能有很大的不同,這有待我們繼續從事調査和比較研究。總之,昆蟲的集團分佈有點像昆蟲發生規律,常依時、地和條件而轉移。但在一定情况下,一時一地的調査研究還是有

其很大的實用意義的。

其次，我們應述及人爲的因子，主要是取樣技術對分析出來的分佈型式有所影響，本文的白穗調查是一個很好的例子。又如Jones (1937) 以 1, 1/4, 1/16 平方呎土表面積的三種取樣單位(均深 1—2 呎，依季節而異)，各取 100 個，調查金針蟲的分佈。其結果由以 1 平方呎爲取樣單位的樣本所得資料符合潑松分佈，其餘兩較小取樣單位樣本所得資料則不一定符合。由此可知，取樣技術中影響分佈最大的是取樣單位的大小和形狀，有時這兩項是不易控制的，有時又是武斷地定出來的，像活鼠體間的跳蚤分佈調查，單位很難不定爲一鼠個體，所以 Cole 氏 (1946) 以爲：我們所觀察的分佈型式，一部分是我們取樣技術的結果，作解釋時必須考慮這部分的因子。一般來說，在極小範圍的樣本，分佈往往是均衡的，但到擴大了樣本，便顯出本來面目了。

六. 摘　　要

（一）本文就昆蟲常見的數種集團分佈：潑松分佈、核心分佈和負二項式分佈的公式、性質和例子等略加討論介紹。

（二）我們在廣州附近對三化螟各時期和白穗、枯心苗的田間分佈型式作了初步的調查，所得結果如下：

1. 螟蛾和卵塊在秧田上是隨機分佈的。

2. 幼蟲在本田分佈不隨機，符合核心分佈和負二項式分佈。

3. 白穗在田間的分佈不隨機，1×1 叢、2×2 叢、……6×6 叢各種取樣單位型樣本均符合負二項式分佈，4×4 叢、5×5 叢和 6×6 叢三種取樣單位型樣本則更符合核心分佈。

4. 稻遺株內越冬幼蟲分佈不隨機，亦不符合核心分佈，但符合負二項式分佈。

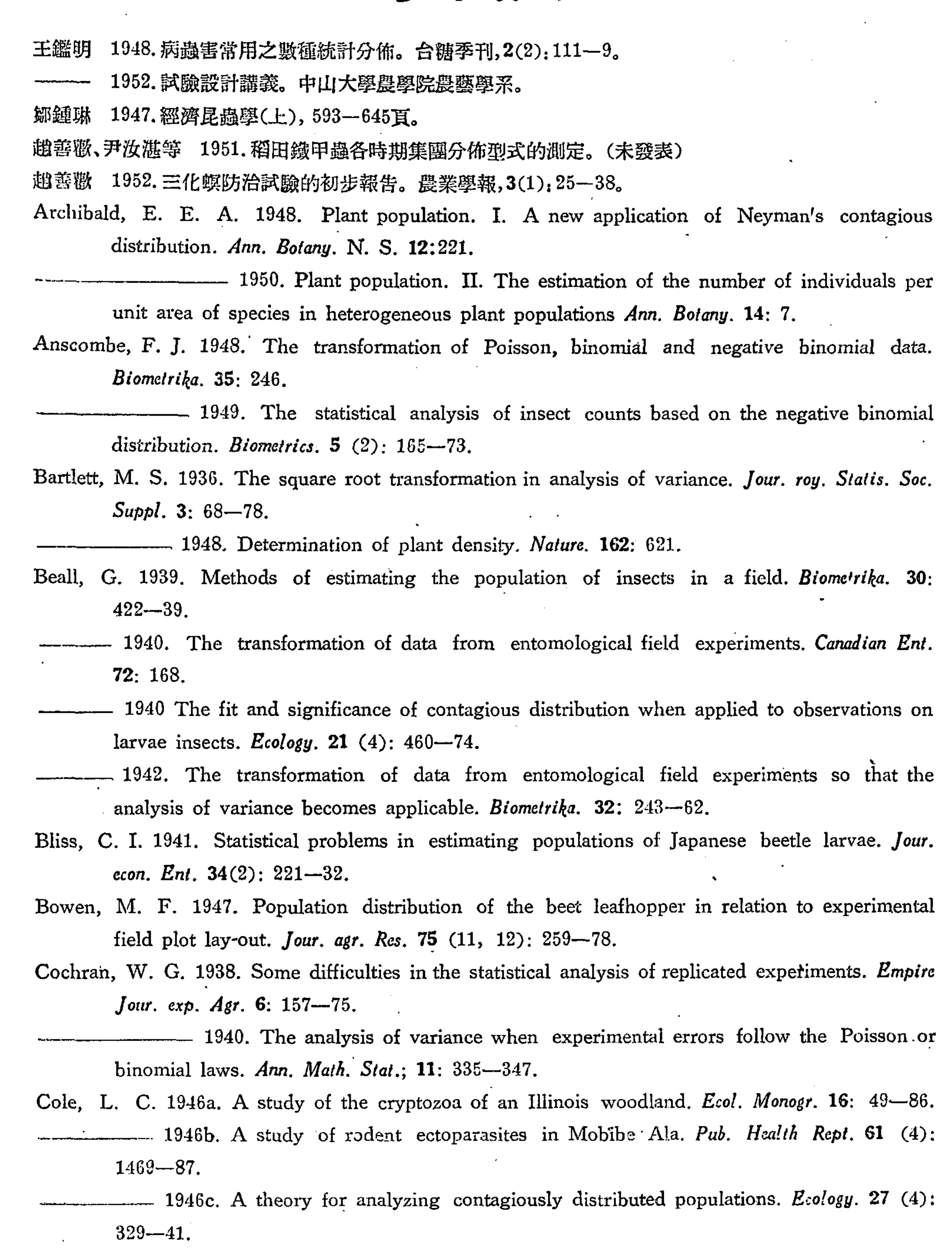
5. 晚造本田枯心苗田間分佈不隨機，符合核心分佈和負二項式分佈。

（三）本文就昆蟲集團分佈型式的調查在實用上的意義，聯繫到三化螟來討論，我們論及與蟲害調查取樣技術、田間試驗設計、統計代換方法、昆蟲生活習性和害蟲防治等各方面的關係；其中取樣技術方面，我們舉出針對三化螟幼蟲在本田和白穗不隨機分佈的取樣新方法的嘗試，希望對今後螟害調查工作有所幫助。

（四）最後，我們就一些昆蟲分佈的特殊問題加以論列，像密度對分佈型式的影響，混合集團和環境因素的影響於昆蟲集團分佈類型等，就中說明了密度過大過

小時了解分佈型式成爲不必要的，因爲極度的不均衡會回復爲均衡狀態的。

參　考　文　獻



王鑑明　1948. 病蟲害常用之數種統計分佈。台糖季刊，2(2)：111—9。

——　1952. 試驗設計講義。中山大學農學院農藝學系。

鄒鍾琳　1947. 經濟昆蟲學(上)，593—645頁。

趙善歡、尹汝湛等　1951. 稻田鐵甲蟲各時期集團分佈型式的測定。(未發表)

趙善歡　1952. 三化螟防治試驗的初步報告。農業學報，3(1)：25—38。

Archibald, E. E. A. 1948. Plant population. I. A new application of Neyman's contagious distribution. *Ann. Botany.* N. S. **12**:221.

——— 1950. Plant population. II. The estimation of the number of individuals per unit area of species in heterogeneous plant populations *Ann. Botany.* **14**: 7.

Anscombe, F. J. 1948. The transformation of Poisson, binomial and negative binomial data. *Biometrika.* **35**: 246.

——— 1949. The statistical analysis of insect counts based on the negative binomial distribution. *Biometrics.* **5** (2): 165—73.

Bartlett, M. S. 1936. The square root transformation in analysis of variance. *Jour. roy. Statis. Soc. Suppl.* **3**: 68—78.

——— 1948. Determination of plant density. *Nature.* **162**: 621.

Beall, G. 1939. Methods of estimating the population of insects in a field. *Biometrika.* **30**: 422—39.

——— 1940. The transformation of data from entomological field experiments. *Canadian Ent.* **72**: 168.

——— 1940 The fit and significance of contagious distribution when applied to observations on larvae insects. *Ecology.* **21** (4): 460—74.

——— 1942. The transformation of data from entomological field experiments so that the analysis of variance becomes applicable. *Biometrika.* **32**: 243—62.

Bliss, C. I. 1941. Statistical problems in estimating populations of Japanese beetle larvae. *Jour. econ. Ent.* **34**(2): 221—32.

Bowen, M. F. 1947. Population distribution of the beet leafhopper in relation to experimental field plot lay-out. *Jour. agr. Res.* **75** (11, 12): 259—78.

Cochran, W. G. 1938. Some difficulties in the statistical analysis of replicated expetiments. *Empire Jour. exp. Agr.* **6**: 157—75.

——— 1940. The analysis of variance when experimental errors follow the Poisson or binomial laws. *Ann. Math. Stat.*; **11**: 335—347.

Cole, L. C. 1946a. A study of the cryptozoa of an Illinois woodland. *Ecol. Monogr.* **16**: 49—86.

——— 1946b. A study of rodent ectoparasites in Mobibe Ala. *Pub. Health Rept.* **61** (4): 1469—87.

——— 1946c. A theory for analyzing contagiously distributed populations. *Ecology.* **27** (4): 329—41.

Dice, L. R. 1948. Relationship between frequency index and population density. *Ecology*. **29** (3).

Finney, D. A. 1941. Wireworm populations and their effect on crops. *Ann. appl. Biol*. **28** (3): 282—95.

Fracker, S. B. & H. A. Brischle. 1944. Measuring the local distribution of Ribes. *Ecology*. **25**: 283—303.

Jones, E. W. 1937. Practical field methods for sampling wireworm populations. *Jour. agr. Res*. **54**: 123—34.

Neyman, J. 1939. On a new class of "contagious" distributions, applicable in entomology and bacteriology. *Ann. Math. Stat*. **10**: 35—57.

Park, T. 1933. Studies in population physiology. II. Factors regulating initial growth of *Tribolium confusum* population. *Jour. exper. Zool*. **65**: 17—42.

Salt, G. & F. S. J. Hollick. 1946. Studies of wireworm populations. II. Spatial distribution. *Jour. exp. Biol*. **23** (1):1—46.

Smith, H. S. 1939. Insect populations in relation to biological control. *Ecol. Monogr*. **9**: 311—20.

Smith, 1952. The use of random and contiguous quadrats in the study of the structure of plant communities. *Ann. Botany*. **16** (62): 293—316.

Upholt, Wm, M. & R. Creig. 1940. A note on the frequency distribution of black scale insects. *Jour. econ. Ent*. **33** (1):113—4.

Upholt, Wm, M. 1942. The use of the square root transformation and analysis of variance with contagious distributions. *Jour. econ. Ent*. **35** (4): 536—43.

———— 1944. The power of the analysis of variance with the Poisson distribution. *Jour. econ. Ent*. **37** (5): 717.

Wadley, F. M. 1950. Notes on the form of distribution of insects and plant populations. *Ann. ent. Soc. Amer*. **43** (4): 581—86.

PRELIMINARY STUDIES ON THE FORM OF POPULATION DISTRIBUTION OF THE RICE STEM BORER, *SCHOENOBIUS INCERTELLUS* WALKER, AND ITS SIGNIFICANCE IN PRACTICE

YIN JU-CHAN, CHIU SHIN-FOON & WANG CHIEN-MING

South-China Agricultural College

In connection with experiments on the control of the rice stem borer, a series of observations were conducted in 1949 to 1952 in Canton to determine the form of the distribution of the moth, the egg-mass and the larval populations of this species. It was found that the moth and egg-mass populations in rice seed-beds are in essential agreement with the random distribution of the Poisson series. The larval population in spring-crop fields apparently conforms to the contagious and the negative binomial distributions. The larval population

during hibernation period appears to be neither of the random distribution nor of the contagious type but agrees with the negative binomial distribution.

The population distribution of the injured stems, characterized by the appearance of "dead-hearts" and "white ears" was also studied. The "dead-hearts" population in autumn-crop fields conforms with the contagious and the negative binomial distribution. The distribution of the "white ears" is not at random. It is either in essential agreement with the contagious or with the negative binomial distribution, depending on the size of the sampling unit.

Based on the form of population distribution the questions of sampling technique, the design of field experiments, the transformation of data for statistical analysis, as well as the habits and control of insects have been discussed in relation to the rice stem borer. Since the populations of larvae and "white ears" differ significantly from the random distribution, a new technique for sampling has been proposed. It is hoped that this may be useful in the investigations on the relative effectiveness of control operations and for census purposes.